

SUCCESS TEAM

FOR PHARMACY STUDENTS



WE LEAD YOU TO SUCCESS

f Suc Cess

01094068018

مكتبة برنت هيد | Print Head

الفرقة الأولى

صيدلانيات

4.5 جـ

محاضرة ٢

د/ حنان النحاس

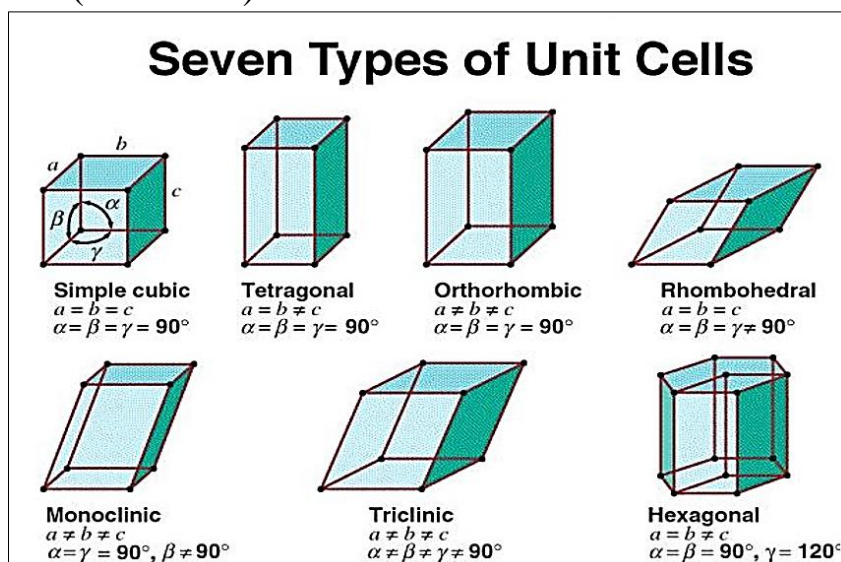
وقفنا المحاضرة اللي فاتت عند نهاية الـ Liquid state واخذنا الـ liquid والـ Gas states بالتفصيل
دلوقتي هناخد مع بعض الـ Solid state

C. SOLID STATE

- The structural units (atoms, molecules, or ions) of **crystalline solids** are arranged in **fixed geometric patterns** or lattices.
- The particles of the solid can **oscillate** only about **fixed positions**.
- As the temperature of a solid substance is raised, the particles acquire sufficient energy to disrupt the ordered arrangement of the lattice and pass into the liquid form.
- Finally, when sufficient energy is supplied, the molecules pass into the gaseous state
- Solids with **high vapor pressures**, such as iodine and camphor, can pass directly **from the solid to the gaseous state** without melting. This process is known as **sublimation**, and the reverse process, that is recondensation to the solid state, may be referred as **deposition**.
- Certain asymmetric molecules frequently exhibit a forth phase, known as **mesophase**, which lies **between the liquid and crystalline state** (liquid crystalline state)

• Types of Crystal Shapes:

1. Cubic (NaCl)
2. Tetragonal (urea)
3. Hexagonal (iodoform)
4. Rhombic (iodine)
5. Monoclinic (sucrose)
6. Triclinic (boric acid)





في البداية هناخذ شوية معلومات عن ال Solid state تعالى نشوفها ..
مبدئيا هي بتختلف عن جزيئات ال liquid وال Gas في ان جزيئاته ابتكون مرتبة في ترتيب منتظم وثابت على عكس السائل اللي جزيئاته كانت في حركة دائمة وكذلك الغاز.. بس منقدرش نقول ان جزيئات ال Solid ثابتة اوى لانها بتتذبذب في مكانها بس مش بتتنقل من مكانها بمعنى ان كل جزيئ بيتحرك بس في مكانه من غير مايتنقل من مكانه وبالتالي بيحافظ على ثبات الشكل .

زي ماحنا عارفين ان اى مادة في الحالة الصلبة لو رفعت درجة حرارتها هتبدأ الروابط اللي بين الجزيئات تتكسر ويتحول للحالة السائلة ولو اكتسبت طاقة كمان ممكن تتحول بعدها للحالة الغازية ، اضافة الى ان فيه بعض ال Solids اللي الضغط البخارى بتاعها عالى زي اليود ممكن تتحول من صلب لغاز مرة واحدة بدون ان تمر بالحالة السائلة والعملية دي بنسميها sublimation او التسامي ، وعكسها وهو تحويل الغاز لصلب مرة واحدة يسمى deposition ..

بالاضافة الى ان فيه حالة من حالات المادة كمان بتكون حالة وسط بين الحالة الصلبة والسائلة (زي الجيلي كدا) بنسميها mesophase او Liquid crystalline وهنتطرق لها بالتفصيل كمان شوية ...
اللى يهمنى تعرفه في الاشكال دي ان الزوايا بين الاضلاع ثابتة في كل اول ٣ اشكال فوق عالشمال وهي ٩٠ درجة بس الاشكال بتختلف عن بعض في ميل الشكل بس الزوايا ثابتة ..

★ Microscopic Explanation for Properties of Solids:

- Solids have a definite shape and a definite volume because the particles are locked into place
- Solids are not easily compressible because there is little free space between particles
- Solids do not flow easily because the particles cannot move/slide past one another

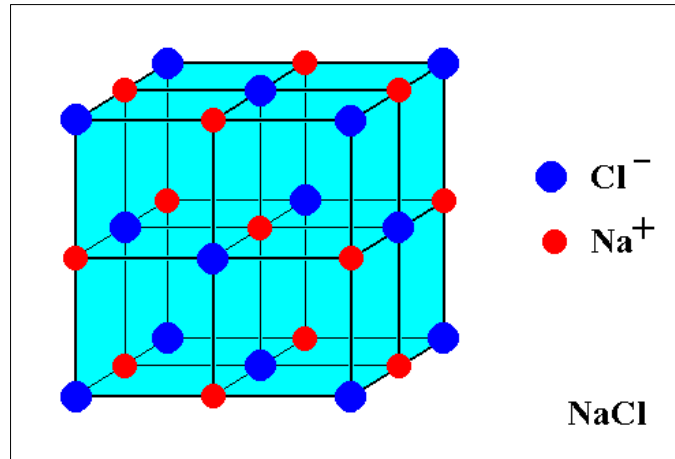
اول حاجة بيقولك ان جزيئات الصلب ليها شكل ثابت وحجم ثابت لان الجوزيئات مقفولة على بعضها او ماسكة في بعضها مش بتسمح لبعض بتغيير اماكنها او الحركة وبالتالي بتحافظ على ثبات الشكل
ثاني حاجة ان مفيش اى فراغ بين الجزيئات والجزيئات لازقة او ملتصقة ببعضها وبالتالي مش من السهل انى اضغطها على عكس الغازات اللي كانت بتتضغط بسهولة وتتحول لـ liquid عشان المسافات بين الجزيئات كبيرة لكن ال solid لو جيت اضغطه هكسره وهيفقد شكله ..
اخيرا ان ال Solid معندروش flow يعنى مقدرش اصبه زي الماية كدا لان الجزيئات ثابتة في مكانها على عكس الماية اللي حزيئاتها بتترحلق فوق بعض .

★ Examples of structural units and attraction force:

- ▶ **NaCl crystals** ➡ consists of cubic lattice of Na ions attracted by a lattice of Cl ions, electrostatic attraction.
- ▶ **Generally:**
 - A. **Ionic** and **atomic** crystals (ionic bond) are hard and brittle and have high melting point, as **NaCl**.
 - B. Molecular crystals (Van der Waal force) are soft and have low melting points, as Ar arcane gas

جزيئ الـ NaCl عبارة عن كريستالات مكعبة تتكون نتيجة قوى ترابط الكترولستاتيكي يحصل بين الصوديوم والكلور ، والنوع دا بنسميه Atomic او ionic bond وتتكون رابطة قوية بس ممكن كسر ها باستخدام حرارة عالية ، او ممكن القوى تكون قوى فاندرفالز بانواعها اللي اخدناها قبل كدا ودي بتكون اضعف شوية ومش بتحتاج طاقة كبيرة لكسرها والـ melting point بتكون قليلة .

ودا شكل كريستالات الـ NaCl اللي بتكون Cubic



تعالى نشوف شوية تعريفات كدا ..

DEFINITIONS

Melting point	<ul style="list-style-type: none"> Crystalline solids show definite melting points, passing rather sharply from the solid to the liquid state.
Freezing point	<ul style="list-style-type: none"> It is the temperature at which a liquid pass into the solid state. It is also the melting point of a pure crystalline compound
The freezing point of melting point of a pure crystalline solid	<ul style="list-style-type: none"> The temperature at which the pure liquid or solid exist in equilibrium.
Latent heat of fusion	<ul style="list-style-type: none"> it is the heat absorbed when a gram of a solid melts. the heat liberated when one-gram liquid it freezes.
<ul style="list-style-type: none"> N.B: the heat added during the melting process does not make change in temperature until all the solid has disappeared. 	

اخذنا في اول المحاضرة ان الـ Solid crystalline عشان ليه شكل فراغي ثابت وبالتالي كان ليه melting point ثابتة يعنى محددة ولتكن مثلا ٥٠ درجة ، ودا كان اول تعريف ..

الـ Freezing point وهى درجة التجمد وهى الدرجة اللي محتاجها اى سائل عشان يتجمد او يتحول للشكل الـ Solid وهى كمان بتكون Sharp ..

تالت مصطلح دا معناه ان عند وقت معين بنلاقى كمية السائل اللي بتتجمد بتساوى كمية الـ Solid اللي بينصهر ويحصل اتزان بين معدل التجمد ومعدل الانصهار ودرجة الحرارة اللي بيحصل عندها الكلام دا معناها melting point of freezing point



الـ Latent heat of fusion معانها كمية الحرارة اللى بتنتج من تجمد جرام من السائل او اللى بتستهلك او بتمتص لاذابة جرام من المادة الـ Solid ..

ملحوظة

جرب كدا تجيب قطعه ثلج وتحطها عالنار وتسببها تسيح بعد مايسيح شوية كدا ، هات قطعه الثلج وحطها على ايدك وشوف هل اكتسبت درجة حرارة والا لسه باردة زى ماهى ؟ قالك لان هتفضل بارده لان مش بيحصل تغير فى درجة الحرارة الا لو كل كمية الصلب انصهرت وبعدها يبدأ الثلج يكتسب حرارة .
طب ازاي اعرف التركيب بتاع الـ Solid او اعرف الكريستال اللى عندي تركيبها اى او الايونات متوزعة فيها ازاي ؟

☀ Identification of solid:

☒ X-ray diffraction:

- X-rays are diffracted by crystals because x-rays have wavelength about the same magnitude as distance between atoms or molecules of crystals. X-ray diffraction pattern is photographed from behind the crystals and then investigated.

كلنا سمعنا عن اشعه اكس ، الاشعة دى بتبدأ تدخل على الجزيئات او الكريستالات بتاعة المادة اللى عندي فالمادة تعملها تفريق او diffraction بسبب ان الطول الموجى بتاعها مساوى تقريبا للمسافة بين الجزيئات وبالتالي الموجات دى مش هتعرف تعدى من الكريستالات بتاعتى وهتنتشت وتبدأ تطلعلى صورة والصورة دى بيبقى موضح فيها المسافات بين الجزيئات وكدا بيبقى انا عرفت نوع وشكل الجزئ بتاعى ..

تعالى نشوف اى العوامل اللى بتأثر على الـ melting point بتاع الـ solids

☀ Factors affecting melting point of solids:

- Change of the melting or freezing point with pressure can be obtained from **CLAPEYRON EQUATION**

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{T(V_L - V_S)}{\Delta H_f}$$

Where:

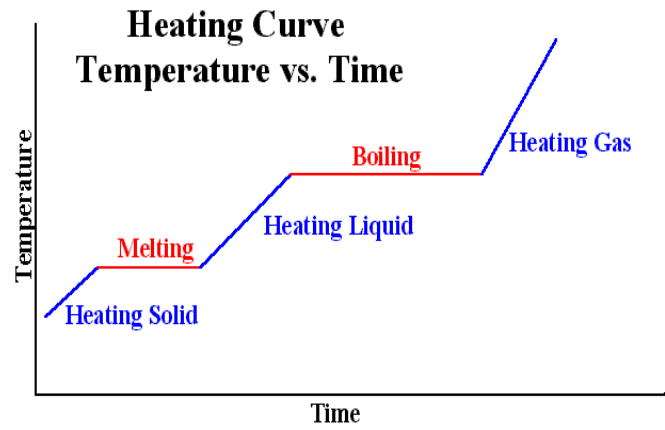
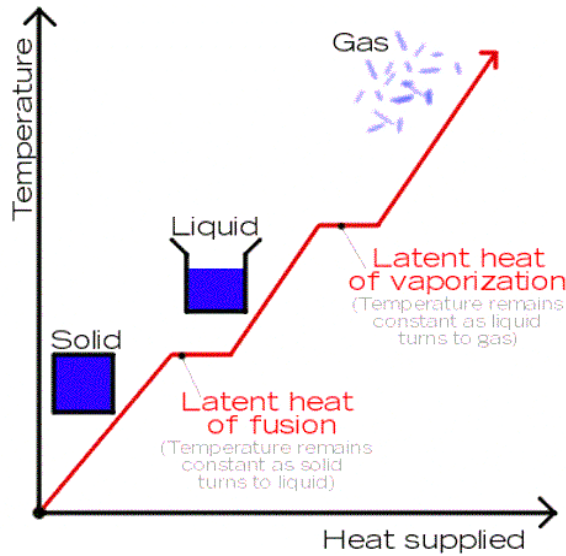
- ✓ V_L : volume of liquid
- ✓ V_S : volume of solid
- ✓ ΔH_f : Molar heat of fusion which is the amount of heat absorbed when one mole of the solid changes into one mole of liquid.
- ✓ ΔT : Change in melting point
- ✓ ΔP : Change in pressure

N.B:

- Water has larger molar volume in solid state than in liquid state ($V_S > V_L$), so $\Delta T / \Delta P$ is **negative** value, so **melting point is lowered by increasing the pressure**
- If a pressure is applied to ice at 0°C , it will be transformed into liquid.

Heat of fusion:

- The heat required to increase the interatomic or intermolecular distances in crystals, thus allowing melting to occur.
- A crystal that is bound together by **weak forces**, has a **low heat of fusion and a low melting point**.
- A crystal that is bound together by **strong forces** has a **high heat of fusion and a high melting point**.

**اول عامل معنا وهو الـ Pressure :**

فيه عالم اسمه Clapeyron عمل علاقة تربط بين تأثير الضغط على الـ melting او الـ Freezing point ، وواضح من القانون ان العلاقة بين الضغط ودرجة الانصهار علاقة عكسية بمعنى انى كل اما ازود الضغط بتقل درجة الانصهار ، طب تفكر الناتج هيبقى موجب والا سالب ؟ هيبقى موجب فى كل الحالات ماعدا الماية لان حجم الماء المتجمد اكبر من الماء السائل وبالتالي قيمة البسط هتبقى سالب .
خدها قاعده عامة اى سائل لما بيتحول لـ solid الحجم بتاعه بيقل ماعدا الماية لما تتحول لثلج .. وكمان الشكل الـ solid من الماية اللى هو الـ Water بيكون اقل كثافة من الشكل الـ Liquid ودا برودو استثناء والدليل على كدا لو حطيت قطعه ثلج فى الماية هتلاقيها بتطفوا على الوش .. الماية شاذة عن القاعده فى كل حاجة (٢٥)

تانى عامل وهو الـ intermolecular forces :

عشان احوال الـ solid لـ liquid لازم اكسر الروابط اللى بين الجزيئات الصلبة وبالتالي تكسير الجزيئات دا محتاج طاقة او حرارة فالحرارة اللازمة عشان تزود المسافات بين الجزيئات وتبدأ تكسر الجزيئات دى بسميها الـ Heat of fusion وعلى هذا الاساس فالجزيئات اللى مرتبطه مع بعض بروابط قوية ، هتحتاج طاقة او Heat of fusion كبيرة واللى مرتبطه بروابط ضعيفه هتحتاج طاقة قليلة وكمان درجة انصهارها قليلة ببقى العلاقة طردية بين الـ Heat of fusion والـ intermolecular forces

الكيرف اللى عالشمال بيوضح العلاقة بين الطاقة ودرجة الحرارة وتحول المادة من حالة للتانية ، اول حاجة الـ Solid لو اكتسب درجة حرارة هيتحول لـ liquid وبعدها هيتحول لـ Gas والطيرف اللى عالمين بيعرض الموضوع بس بشكل تانى ، بس يهمنى بس منه انه تاخذ بالك من الخط الاحمر اللى بيوضح ثبات درجة الحرارة

complete melting والboiling عند الكلم دا قبل كدا ان درجة الحرارة بتفضل ثابتة لحد مايحصل complete boiling او melting

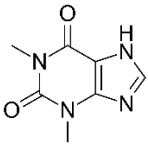
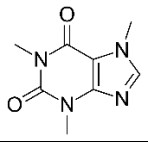
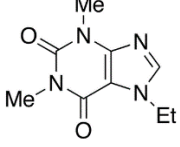
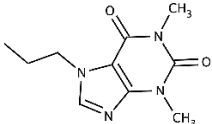
★ Melting point and chemical structure in solid materials:

1. The melting point of normal **saturated** hydrocarbons **increases with increasing its molecular weight** by increasing Vander-Waals attractive forces.
2. The melting point of alkanes with **even** number of carbon atoms is **higher than** those of **odd** number, this is because the alkanes with an odd number of carbon atoms are *packed in crystal less efficiently*.
3. The melting point of **normal carboxylic acid** is **higher comparable to corresponding saturated hydrocarbons**, because of **dimmer formation**.
4. And **even** number of carbon atoms are **higher than odd** number of carbon atoms in carboxylic acid as, even number arranged in more symmetric structure resulted in more stable and higher m.p.

- This is because **even** numbered alkanes **pack well** in the solid phase, forming a well-organized structure, which **requires more energy to break apart**. مهم
- The odd-number alkanes pack less well and so the "looser" organized solid packing structure requires less energy to break apart. مهم جدا

5. Melting point and solubility of Xanthines

- Solubility, like melting point, is strongly influenced by intermolecular forces.
- E.g. **Methylation of theophylline** to form **caffeine**, and lengthening of the side chain resulted in **decreasing the melting point** and **increase the solubility**, due to weakening of intermolecular forces.

Compound	Structure	Melting point	Solubility in water mole/L*100
Theophylline R=H		270-274	4.5
Caffeine R=CH ₃		238	13.3
7-Ethyltheophylline R=CH ₂ CH ₃		156-157	17.6
7-Propyltheophylline R=CH ₂ CH ₂ CH ₃		99-100	104



الكلام دا مكرر من الـ Liquid ، بزيادة الـ molecular weight بيزيد الـ melting point فى الالكان العادى ، بس هن اهنشوف حاجة جديدة زى العدد الزوجى والفردى للكربونات ، كل اما يكون العدد بتاع الكربونات زوجى بيكون الروابط متكونة بين كل جزيئ والجزيئ اللى قصاده على عكس العدد الفردى هلاقى فى الاخر كربونة مش عاملة رابطة وبالتالي هتكون الروابط اقل فى القوة من الزوجى اللى كل كربوناته عاملة روابط .. اخيرا زى ماقلنا قبل كدا ان الـ Carboxylic acid بيكون الـ melting point بتاعته عاليه بسبب انه بيبقى موجود فى شكل dimers .. وفكرة العدد الزوجى برود موجوده فى حالة الـ Acids ..

لو اتكلمنا عن الـ solubility هلاقيها زيتها زى الـ Melting point بتتاثر بنفس القواعد دى وعندى مثال على كدا الـ theophylline ومشتقاته ، المركب دا ممكن احوله لكذا مركب عن طريق انى اشيل الـ H واعملها استبدال ، يعنى لو شلت الـ H وحطيت CH₃ هيديني Caffeine وهكذا .. المركبات مترتبة طبقا للـ Molecular weight بتاعهم ، الاول الـ theophylline اعلاهم فى الـ melting point بسبب ان الـ hydrogen bond بتاعته فرصة تكوينها كبيرة جدا لكن الـ Solubility قليلة ، ولما حطيت CH₃ وحولته لـ caffeine هتقل الـ melting point بتاعته لان فرصة تكوين الـ hydrogen bond قلت لان مبقاش فيه H فى المركب لكن العكس الـ solubility بتزيد بسبب زيادة الـ molecular weight .. الخلاصة ان الزيادة فى الـ Molecular weight بتزود الذوبانية بس بتقل الـ melting point .

POLYMORPHISM

- ★ **Polymorphism:** It is the ability of a compound or element, to **crystallize in more than one distinct crystalline species with different internal lattices**, such as carbon and sulfur.
- ★ These species called **polymorph** which are **identical in chemical properties but differ in physical character** as melting point, vapor pressure, density, X-ray diffraction, and hardness.
- ★ When the **change** from one polymorph to another is **reversible**, it is called **Enantiotropy (enantio-tropism)**
- ★ When transition is **Irreversible**, it is called **Monotropic (mono-tropism)**.
- ★ Nearly all long-chain organic compounds exhibit polymorphism.
- ★ Fatty acids, have different types of attachment between the carboxylic groups in turn modify the angle of tilt of chains in crystals.

مش احنا قلنا ان الـ crystalline بيكون ليها شكل فراغى محدد وثابت ؟ بس القاعده دى مش بتنطبق مع كل المواد الـ Crystalline لان فيه بعض المواد بيكون ليها اكثر من شكل فراغى والاختلاف دا بيأدى الى اختلاف الخصائص الفزيائية من حيث درجة الذوبانية والـ melting point والكلام دا .. لكن خواصهم الكيميائية واحده فى نوعين من الـ Polymorphism دا ..

يمكن يكون Enantiotropism لما يكون التحول بين الاشكال المختلفه بيحصل بشكل reversible يعنى يتحول من A لـ B ويرجع تانى من B لـ A وهكذا .

وممكن يكون monotropism لما يكون التحول بين A و B بشكل irreversible يعنى مش بيرجع للشكل الاصلى تانى



تعالی کدا نشوف مقارنۃ الدكتورۃ عرضتھا ..

ISOMORPHISM VERSUS POLYMORPHISM

Isomorphism is the similarity in the crystal structure of different compounds	Polymorphism is the presence of different crystalline forms of the same compound
The crystal shape of isomorphic compounds are identical to each other	The crystal shape of polymorphic substances are different from each other
Concerns two or more compounds at a time	Concerns one compound
Cannot be seen in elements	Seen in elements
Atomic ratios of isomorphous compounds are the same	Atomic ratio of polymorphic compounds may or may not be the same

الـ Isomorphism بتكون عبارہ عن ستراکشرات متشابهة بس من مرکبات مختلفة اللى بنسميها isomers على العكس الـ polymorphism دى بتكون مشتقات مختلفه فى الاستراکشر والخصائص بس بتكون من نفس المركب کمان شکل کریستالات فى الـ isomorphism بيكون زى بعضه بالظبط لكن فى الـ polymorphism بيكون مختلف وعشان کدا صعب الاقۃ الـ Isomorphism موجود فى الـ element او الذرة لكن فى حالة الـ Polymorphism ممكن ببقى موجود فى الذرة عادى ، اخيرا فى حالة الـ isomorphism النسبة بين عدد الجزيئات بتكون ثابتة لكن النسبة دى بتختلف مع الـ Polymorphism .. المقارنۃ دى مهمة جدا جدا وممكن تيجى فى امتحان الميديترم ..



★ Applications of polymorphism:

1- Cacao butter (Theobroma oil)

- Theobroma oil is capable of existing in four polymorphic forms.
- The **unstable gamma** form melting at 18 °C
- The **unstable alpha** form melting at 22°C
- The **unstable beta prime** form melting at 28°C
- The **stable beta** form melting at 34.5°C
- **The problem arises when** Theobroma oil is heated to **appoint at which it is completely liquefied (35°C)**, the nuclei of stable beta form is **destroyed** and the mass does not crystallize **تتجمد** until it is supercooled to 15 °C and giving the other three forms (gamma, alpha and beta prime) that melt at room temperature (not suitable for suppository manufactures).
- **To solve the problem**, **melt the base at 33°C (not completely melted)** as where **still we have sufficient amount of beta stable form is not melted and acting as nuclei**, and when the mass is poured and chilled in the mold, a stable suppository of beta stable form is produced.

التطبيق الاول وهو Cacao butter وليها اسم ثانى وهو Theobroma oil

المادة دى بنستخدمها فى صناعه اللبوس كـ base وهنشوف الكلام دا بالتفصيل السنة الجاية .. المهم ان المادة دى بتعانى من مشكلة الـ Polymorphism تعالى نعرف اى مشكلتها .

لما تيجى تحضر اللبوس دايمًا بتسخن الـ Base او بتسيحها لانها عبارة عن Fats ، لكن مشكلة المادة دى انها بتتواجد فى ٤ اشكال ، الفا وبيتا وجاما و بيتا برايم ، الوحيدة فيهم اللى Stable هى البيتا ، طب اى مشكلتك ؟ قالك لما بسخن القاعدة عند ٣٥ درجة ، اللى هى درجة انصهار البيتا ، بلاقى ان الـ base كلها ساحت تقريبا يعنى كلها اتحولت لـ unstable form وبالتالي مش هتنتفع انى استخدمها فى تحضير اللبوس ، لانها مش هتجمد الا لو حطيتها فى الفريزر واكيد مش هينفع احط اللبوس فى الفريزر لان لو حطيته فى الفريزر عند درجة حرارة اقل من ١٥ هلاقى ان كل الـ unstable form اتكونت ، فكان الحل اننا نقلل الدرجة اللى بنعمل عندها melting لـ ٣٣ بدل ٣٥ وبالتالي هيفضل عندى شوية beta stable مانصهروش ولسه stable وبالتالي لو استخدمتها على الحالة دى هيدبنى base بتكون stable لان الـ cacao butter عندها القدرة على التحول بعد كذا بين الـ Unstable forms لـ beta stable يعنى لو فيه شوية beta stable موجودين ، مع الوقت هلاقى ان كل الـ unstable forms اتحولت لـ Stable واللبوسة هتبقى كويسة ومفيهاش مشاكل ..

2- Suspension Technique

- **Cortisone acetate** has been found to exist in at least five different forms, four of which were found to be **unstable in the presence of water and which change to a stable form.**

- Since this transformation is usually accompanied by noticeable caking of the crystals, these should be in the form of the stable polymorph before the suspension is prepared.
- Heating, grinding under water and suspension in water are all factors that affect the interconversion of the different cortisone acetate forms.

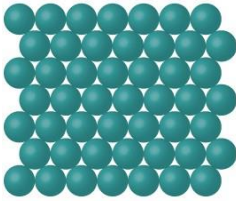
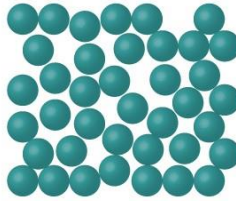
التطبيق الثاني هو المعلق او الـ Suspension

فيه دوا معين فينعمله في صورة suspension اسمه cortisone acetate ، الدوا دا بيتواجد في ٥ اشكال منهم ٤ بيكونو unstable forms تمام ؟ الـ ٤ الـ unstable دوا بيتحولوا بعد اضافة الماء لـ stable forms ، طب مالموضوع حلوا هه اى المشكلة بقى ؟ قالك ان تحول الـ Unstable لـ stable بيبقى مصحوب بعملية caking للـ Suspension ، يعنى هتلاقى الـ suspension اترسب تحت كدا وكون كتلة صلبة في قاع الزجاجه زى اللى بيتكون في قاع فنجان القهوة وبيبقى صعب في الرج وبيسبب مشاكل كثير وبيخلى الجرعه مش مضبوطة ، طب اى حل المشكلة دى ؟ قالك هختار الـ stable form بس اللى اشتغل بيها واحضر بيها الـ suspension مش استنى لما يتحول الـ unstable لـ stable وتحصل المشكلة دى ..

كل اللى فات دا كان كلام عن الـ Crystalline ، هنبداً دلوقتى نتكلم عن الـ Amorphous .. بس نعرف الفرق بينهم الاول .

قالك فيه نوعين من الـ Solid قد يكون منتظم الشكل Crystalline او غير منتظم الشكل amorphous ، ماتيجى نشوف الفرق بينهم ؟

★ Amorphous VS Crystalline:

Item	Amorphous	Crystalline
Energy	High	Low
Solubility rate	High	Low
Melting point	Low (not definite)	High
		
Crystalline		Amorphous

AMORPHOUS VERSUS CRYSTALLINE	
Amorphous	Crystalline
Irregular pattern of ions, molecules or atoms in a solid	Regular and repeating arrangement of components in a solid
Melt over a range of a temperature	Have a sharp melting point
No definite heat fusion	Definite heat fusion
Examples include glass	Examples include diamond
Called isotropic	Called anisotropic



اول حاجة الـ amorphous ودى بتكون طاقتها عالية جدا يعنى مش مستقرة بسبب ان جزيئاتها مش منتظمة فى الترتيب وكمات درجة ذوبانيتها عالية جدا ومش ليها melting point محددة يعنى بتتغير من وقت للتاني مقارنة بالـ Crystalline اللى بتكون ثباتيتها اعلى لان طاقتها اقل بسبب ان جزيئاتها مرتبة بانتظام وكمات ليها melting point معروفة وثابتة.

قالك كمان ان الـ Crystalline بتكون مترتبة فى شكل فراغى منتظم وثابت زى ماهو واضح فى الصورة اللى فوق.

الـ Amorphous مش ليها melting point محددة يعنى مقدرش اقول انها بتتنصهر عند كذا ، لا بس اقدر اقول انها بتتنصهر فى رينج من كذا لكذا يعنى مفيش درجة ثابتة على عكس الـ Crystalline اللى بيكون ليها درجة ثابتة .

★ Pharmaceutical applications of amorphous forms:

1-Antibiotic Novobiocin

- **Crystalline** form is poorly absorbed and has no activity.
- **Amorphous** form is absorbed rapidly and therapeutically active.

2-Insulin

- It is preferred to prepare a mixture of amorphous and crystalline forms.
- Since amorphous dissolved rapidly giving fast therapeutic effect.
- While crystalline dissolved slowly and give its effect over longer period.

لما يكون عندى دوا عباره عن مضاد حيوى ، الافضل انه يكون فى صورة Crystalline والا Amorphous ؟

اكيد هحتاج ان الدوا يكون بيمتص كويس وبسرعه ويبدوب كويس وعشان كذا لو هبص من منظور الـ Activity العالية ، يبقى هفضل ان الدوا يكون فى الـ Amorphous زى الـ Novobiocin ود الـ Antibiotic طب لو عندى دوا تانى زى الانسولين والمعروف عنه انه بيعالج السكر ، هل ينفع انى اخلى المريض ياخذ جرعات كتير ؟ اكيد هبقى عايزة ياخذ الدوا مرة واحده فى اليوم مثلا ، يبقى فى الحالة دى لازم استفيد من الخاصيتين بتوع الـ Amorphous والـ Crystalline ، عشان احقق تأثير سريع فى حالة الطوارئ الـ Acute يعنى لو مريض سكره وصل ٣٥٠ مثلا او ٤٠٠ فدا لازم معاه تأثير سريع للدوا والـ amorphous هو اللى بيوفرلى الميزة دى ، طب فى الحالات الـ Chronic اللى هو المريض ماشى عليه بانتظام لفترة طويلة ، اكيد هبقى محتاج ان الدوا يفضل شغال لفترة طويلة ، والـ Crystalline هو اللى بيوفرلى دا وبالتالي الافضل انى اعمل Combination من الاثنين بحيث اوصل لدوا يعالج الـ Acute والـ Chronic cases

LIQUID CRYSTALLINE

- ★ The molecules in liquid state are mobile in 3 directions and can rotate bout 3 axis.
- ★ while molecules of solid state are immobile and rotation are not possible.

☀ Types of liquid crystals (according to mobility):

Semectic	<ul style="list-style-type: none"> The molecules are mobile in two directions and can rotate about one axis. It is the most pharmaceutical significance (mixture of surfactant, water and nonpolar additive) The molecular centers of mass in semectic are organized in layers and the movement is restricted inside the layers. Semectic is found in lower temperatures than the nemactic مهم جدا.
Nematic	<ul style="list-style-type: none"> Molecules rotate only about one axis, and can mobile in three dimensions. The crystal molecule has no orderly position and are free to move any which way, however they have no specific order, during this phase the molecules do tend to point in the same direction. Nematic liquids is the most commonly employed phase in LCD.

Nematic Phase
Smectic Phase

☀ Classification of liquid crystal according to the formation:

Thermotropic	• These result from the heating of solids
Lyotropic	• Result from the action of certain solvents on solid

طب الـ Liquid والـ Solid بيتحركوا ازاي؟ قالك ان الـ Liquid بيتحرك حركة 3D يعنى ممكن يتحرك فى كل الاتجاهات على عكس الـ Solid اللى جزيئاته ثابتة مش بتتحرك من مكانها بسبب نقص وضيق المسافة بين الجزيئات ..

طب قالك ان فيه حالة وسط بين الـ Solid والـ Liquid سموها Liquid crystalline وليها اسمين كمان هما الـ mesophase او السائل الكاذب (Pseudo liquid) ودى بتجمع بين خصائص الحالة الصلبة والسائلة على اساس انها ليها ترتيب معين فى شكل جزيئاتها زى الـ Solids لكن جزيئاتها بتتحرك زى الـ liquids بالظبط وبيكون ليها لزوجة وبيكون شكلها fluid كذا زى السوائل .. وليها انواع .. تعالى نشوف اى انواعها اى ؟ مبدئيا بنقسمها لنوعين على حسب اتجاه حركة الجزيئات بتاعتها الى نوعين :

النوع الاول: اسمه semectic ودا بيكون الحركة فيه فى اتجاهين بس حول محور واحد ودا بيكون فيه الجزيئات مترتبة بشكل موازى لبعض وحركتها بتكون عبارة عن اتجاهين بس ، تطلع فوق وتنزل تحت زى مايكون واحد بيتنط كذا على حاجة مطاطة .. ومثال عليه الصابونة لما تسببها فى الصبانة مثلا يومين تلاته بتلاقى فيها سائل متجمد كذا سايح منها ، هو دا الـ semectic عشان كذا بيسموه Soap like

النوع الثاني: اسمه nematic ودا بردو جزيئاته بتتحرك حول محور واحد بس المرة دى فى الـ ٣ اتجاهات مش اتجاهين بس زى الـ Semectic والنوع دا مش بيبكون مترتب وليها حرية الحركة فى اى اتجاه مقارنة بالـ Semectic ..

طيب لو قسمناها على حسب طريقة تكوينها ! هيبقى فيه نوعين بردو .. thermotropic ودا لو حضرناها من تسخين او انصهار المواد الصلبة او lyotropic لو حضرناها من تفاعل مذيب مع المادة الصلبة

كلمة Lyo باللاتينى يعنى solvent و thermo يعنى حرارة ..

★ Properties of molecules that for mesophase:

1. Organic
2. Elongated or rectangular in shape
3. Rigid
4. Possess strong dipoles and easily polarizable group

طب هل اى جزئ او اى مركب ينفع يكون liquid crystals ؟

لا ، عشان المركب يكون mesophase لازم يكون ليه شروط خاصة ، اهمها انه يكون مركب من اصل عضوى وشكله يكون طويل وصلب ويكون قطبى وعنده القدرة على التأين ..

★ Properties and Significance of Liquid Crystals: -

1. Some liquid crystals show color change with temperature, so it can be used to measure body temperature.
2. Nematic liquid crystals are sensitive to electric field, so it is used in display system.
3. Semectic mesophase used in solubilizing water in soluble materials.
4. Liquid crystalline state is lipoidal forms and found in nerves, brain tissue and blood vessels.
5. Atherosclerosis is diseased caused by laying down of the lipid in the liquid crystalline state on the walls of blood vessels.
6. The three components of bile (Cholesterol, bile acid salt and water) can form semectic mesophase and this may be involved in formation of gall stones.
7. Liquid crystals have structure which believed to be similar to those in cell membrane, so liquid crystals used as biophysical models for structure and function of cell membrane.

طب اى خصائص واهمية الـ liquid crystals ؟

١. فيه بعض اجهزة قياس درجة الحرارة بتغير لونها على حسب درجة الحرارة بتاع الجسم ، يعنى مثلا الترمومتر عند درجة حرارة ٣٧ بيدينى لون اخضر وعند ٣٨ بيدينى لون ازرق مثلا وهكذا ..
٢. بعض الاجهزة الالكترونية وشاشات العرض زى شاشة الاستاد كدا او الشاشة اللى الحكم الرابع بيرفع عليها التغييرات والكلام دا ، بتكون عباره عن مواد liquid crystalline بيتغير لونها على حسب التيار الكهربى اللى بيوصلها لانه بتبقى حساسة جدا للتيار الكهربى وكذلك الموبايلات القديمة والالات الحاسبة والساعات الرقمية .

٣. الـ semectic يستخدم كمذيب لبعض المواد اللى مش بتدوب فى الماية .
٤. ودا لان طبيعتها دهنية فهى يتمثل مكون من مكونات الجسم وبتدخل فى تركيب الاعصاب والمخ والاوعية الدموية .
٥. فيه مرض اسمه atherosclerosis ودا مرض تصلب او انسداد الشرايين بيحصل بسبب تراكم كميات من الدهون والـ lipids على جدران الاوعية الدموية وعشان الـ liquid crystalline زى ماقلنا انها مواد دهنية ، فبتسبب حدوث تصلب للشرايين بسبب تراكمها بكميات كبيرة فى الاوعية الدموية .
٦. بالاضافة الى ان العصارة الصفراوية الموجودة فى المرارة واللى بتتكون كولسترول وماء واملاح ، فالـ ٣ مكونات دول ممكن يتحولوا الـ liquid crystalline لدرجة انهم ممكن يترسبوا فى المرارة ويسببوا مشاكل زى حصوات المرارة.
٧. تركيبها بيشبه لتركيب الـ Cell membrane او الغشاء الخلوى بتاع الانسان ، وبالتالي ممكن استخدمها فى تصميم او عمل نماذج محاكية للـ Cell membrane بتاع جسم الانسان واجراء تجارب عليه بدل من استخدام مكونات الجسم فى الموضوع دا
- تعالى نشوف عنوان جديد..

Phase Equilibrium and Phase Rule

Phase rule:

It is the effect of the least number of independent variable (temp, pressure and concentration) upon the various phase (solid, liquid and gas) that can exist in an equilibrium system containing number of components.

Phase:

It is homogenous portion of a system that is separated from other portions of the system by boundary surface

★ Phase rule is expressed as:

$$F = C - P + 2$$

Where:

- ✓ **C** is the number of components
- ✓ **P** is the number of phase present
- ✓ **F** is the **number of degrees of freedom** in the system (which is the least number of intensive variables like temp, pressure, cone, density, refractive index, viscosity) that must be fixed to describe the system completely.

كلمة Phase يعنى طبقة ، بمعنى ان لو جبت شوية زيت وشوية ماية وحطيتهم على بعض ، هلاقى انهم فصلوا طبقتين ، كل طبقة منهم يطلق عليها Phase والفاصل اللى بينهم بيكون حاجة وهمية كدا انا بتخليها كان فيها حاجز بين الطبقتين ..

طب اى الهدف من الـ Phase Role ؟ قالك الهدف منها هو تحديد تأثير عدد من المتغيرات على System بيتكون مثلا من Solid & liquid & Gas موجودين مع بعض .. عايز اشوف مثلا تأثير الحرارة والضغط والتركيز عليهم هنشوف ازاى دلوقتى .. المهم انى بستخدمها عشان اوصف النظام بتاعى .

نيجى للقانون ، فيه حاجة اسمها Degree of freedom ودا بقول عليه اقل عدد من المتغيرات اقدر اوصف بيها النظام بتاعى وصف كامل زى درجة الحرارة والضغط والتركيز.
الدكتورة كانت كاتبة تعريف كدا بالعربى على الداتا وهو " هى عدد القيم القابلة للتغيير لحساب خاصية ما "
تعالى نشوف امثلة على الـ Phase rule نفهم منها الكلام دا ..

1. System Containing Water Only:

$$C = 1 \text{ \& } P = 1$$

$$F = 1 - 1 + 2 = 2$$

- Indicating that the **degree of freedom** equal **two** which means that 2 variables must be fixed.

هنا السستم بتاعى مش فيه غير ماية بس وبالتالي عدد الطبقات ١ وعدد المكونات برودو ١ يبقى الـ F بتساوى معنى كدا ان لازم على الاقل اغير عاملين فقط زى درجة الحرارة والتركيز..

2. System Containing Water and its vapor:

$$C = 1 \text{ \& } P = 2$$

$$F = 1 - 2 + 2 = 1$$

- The **degree of freedom** equal **one**, which means that one variable must be fixed
اكيد بتسال نفسك ليه عامل الـ Components عددها ١ مش ٢ ؟ لان البخار والماية الاتنين من نفس المصدر او عباره عن اشكال مختلفه من نفس المادة فباعتبرهم مادة واحدة وكذلك الثلج ..
هنا الـ F طلعت ب ١ معناها انى محتاج اغير عامل واحد بس وليكن درجة الحرارة لان عملية التحويل بين المياة والبخار بتعتمد على درجة الحرارة بس انها تحول الماية الا بخار ويرجع البخار يتكثف تانى ويتحول لماية ..

3. For system containing water, Ice and vapor:

$$C = 1 \text{ \& } P = 3$$

$$F = 1 - 3 + 2 = \text{Zero}$$

- This indicating that the **degree of freedom** equal **zero**.
- This means that if we tried to change particular conditions of temp or pressure necessary to maintain this system, we will lose the phase.
- لسه قايلين فوق ان الثلج والبخار والماية كلهم يعتبروا Component واحد ب عباره عن ٣ اشكال ب 3 phases ، ومن القانون هيطلع الـ F=zero ومعناه ان لازم كل العوامل تبقى ثابتة ومفيش ولا عامل يتغير ، لان لو حصل تغيير الـ System هيفقد ثباتيته وهيصل خلل .

4. For system containing Liquid ethyl alcohol + Vapor:

$$C = 1 \text{ \& } P = 2$$

$$F = 1 - 2 + 2 = 1$$

هنا محتاج اغير عامل واحد بس عشان احافظ على ثباتية النظام ..

5. For system containing Liquid water + Liquid ethyl alcohol + vapor:

$$C = 2 \text{ \& } P = 2$$

$$F = 2 - 2 + 2 = 2$$

- Ethyl alcohol and water vapor are completely **miscible**.

هنا عدد الـ Components بيساوى ٢ الى هما الـ Water + Vapor دا رقم واحد وكمان الـ liquid ethyl alcohol دا رقم ٢
 وعدد الـ Phases بيساوى ٢ لان الايثيل الكحول دا بيدوب جدا فى الماية وبالتالي مش هيفصل طبقتين يعنى هعتبرهم طبقة والطبقة الثانية هتبقى هى طبقة الـ Vapor وبالتالي محتاج اغير عاملين بس ..

6. Liquid water + Liquid benzyl alcohol + vapor:

$$C = 2 \text{ \& } P = 3$$

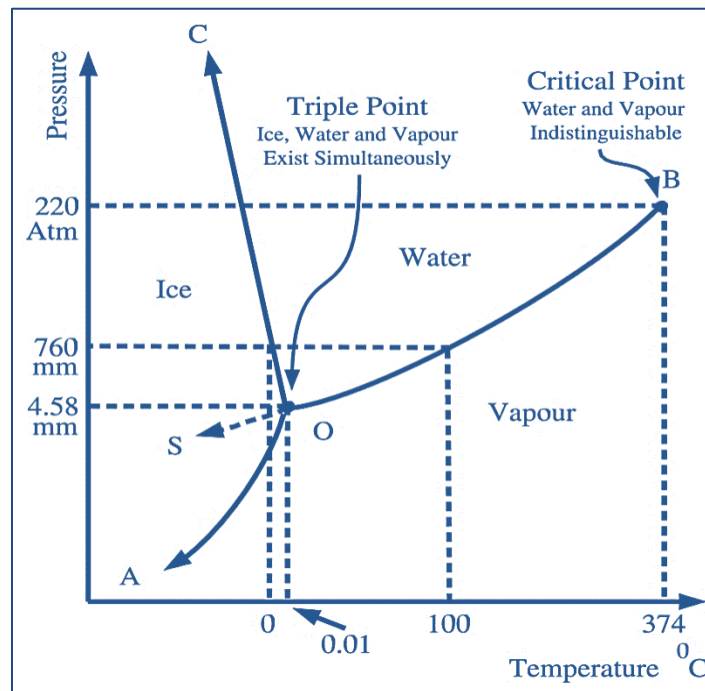
$$F = 2 - 3 + 2 = 1$$

- Water and benzyl alcohol are two liquid phases but one vapor phase.

هنا عدد الـ Phases 3 لان الماء والبنزين لا يمتزجوا يبقى كذا 2 phases والـ Phase الثالثة هى البخار ..
 عدد الـ Components بيبكون ٢ لان البخار والماية بيعتبرو phase واحدة والـ phase الثانية هى البنزين وبالتالي عايزين نغير عامل واحد بس وليكن الحرارة او الضغط

System Containing One Component

The phase Diagram of Ice -Water-Vapor System



- OA** ➡ Is **vapor pressure** curve, its upper limit is at critical temp (374 °C) and its lower end is triple point (0.0098 °C)
- OC** ➡ Is the **sublimation** curve, at which vapor and solid exist in equilibrium
- OB** ➡ Is the **melting point** curve, at which liquid and solid exist in equilibrium
- If the temp is constant (more than critical temp), water is in **vapor state** above the critical temperature.



- At temp below the critical temp, water vapor is converted into **liquid water** by an increase of pressure.
- At temp below the triple point, vapor converts first to **ice** and then **into liquid water** at higher pressure
- At the **triple point**, the three phases are in **equilibrium** because all phases have the same vapor pressure at that temperature.

هنا المثال بتاعنا هنتكلم عن One component اللي هو الـ Water بس على شكل 3 phases اللي هما الصلب (التلج) والسائل والبخار ..

تعالى نشرح الكيرف بالتفصيل .. مبدئياً الـ O دى هي رمز للـ Triple point اللي هنعرف معناها دلوقتى .. لما اقول OA معناها الكيرف الفاصل بين البخار والـ liquid ويكون بينهم حالة اتزان ويحصل هنا عمليتين ، التبخير evaporation لو عايز احول السائل لبخار او التكثيف condensation لو عايز احول البخار لسائل. وبالمثل الـ OB هيكون هو الكيرف الفاصل بين الـ Liquid والـ Solid وهنا ممكن يحصل تحول بين الحالتين ، اما من صلب لسائل ودى بسميها melting او من سائل لصلب وبسميها Freezing .

وبالمثل الـ OC دا الكيرف بين الغاز والصلب وبردو بيكون بيه اتزان بينهم وممكن يحصل عمليتين اما Sublimation وهي تحويل الصلب لغاز ، او deposition وهي تحويل الغاز لصلب .

طب فهمنا ان كل كيرف بيدل على اتزان بين 2 phases طب لو الـ 3 كيرفات دول اتقاطعوا فى نقطه معينه ؟ قالك ان النقطه دى هتمثل نقطه توازن للـ 3 phases مع بعض واللى بنسميها triple point واللى بتكون عند درجة حرارة 0.0098 واللى مجازا حاططينها على الكيرف 0.01 وعند النقطه دى كل الـ phases بيكون ليهم نفس الضغط البخارى .

فيه حاجة اسمها الـ Critical temp ودى درجة حرارة بيكون عندها فيه توازن بين 2 phases ، اى تغيير يحصل فيها ، هتبص تلاقى التوازن دا اتلغى والـ 2 phases بدأو يتغيرو ، على سبيل المثال .. لما تكون درجة الحرارة اعلى من الـ Critical point هتلاقى ان كل الـ Liquid اتحول لـ Vapor ، بص كدا على الـ Critical point او الـ Critical temp ، لو اتجهت يمين يعنى اعلى من الـ Critical temp هتلاقى الـ liquid اختفى وبقي كل اللي موجود عبارته عن Vapor ..

لكن لو العكس حصل وخليت درجة الحرارة اقل من الـ Critical temp يبقى هنتجه شمال الكيرف وبالتالي البخار هيبدا يتحول لـ liquid خصوصاً مع زيادة الضغط ..

لكن لو درجة الحرارة بتاعتك كانت اقل من درجة الحرارة عند الـ Triple point ، هتلاقى ان الغاز بتاعك اتحول لـ solid يعنى هنتجه شمال الـ diagram طب بص كدا عالكيرف ، لو قررت ازود الـ Pressure على الـ solid اللي وصلته ؟ يعنى اطلع لفوق ؟ هلاقى نفسي بقيت فى الجزء الخاص بالـ liquid state .

★ Application of phase rule:

1. In any one of the three regions in which pure solid, liquid or vapor exist

$$P = 1 \text{ \& } C = 1 \Rightarrow F = 1 - 1 + 2 = 2$$

therefore, we must fix two condition such as pressure and temp to describe the system completely

2. Along any one of the three lines, where two phases exist in equilibrium

$$P = 2 \text{ \& } C=1 \Rightarrow F = 1 - 2 + 2 = 1$$

so only one condition needs to be given to define the system.

3. At the triple point

$$P = 3 \text{ \& } C=1 \Rightarrow F = 1 - 3 + 2 = \text{Zero}$$

★ Pharmaceutical Significance:

- A mass of ice can be converted directly into water vapor by increasing the temp and where the pressure is under the triple point This technique is known as **FREEZ DRYING** or **LYOPHYLIZATION** which is applied for drying heat sensitive products such as blood serum and some antibiotics.

لو جينا نطبق الـ Phase rule بتاعتنا ٣ مرات في ٣ مناطق مختلفة .
المرحلة الاولى لو مسكت منطقة من المناطق اللي عندي وليكن مثلا الـ Liquid region ، لو حسبت عدد الـ Component هتلاقيها ١ و عدد الـ Phases هتلاقيها ١ ولو طبقت القاعدة هيطلع معايا الـ F بـ ٢ يبقى انا محتاج اثبت عاملين عشان اقدر اوصف السستم بتاعى وليكن الحرارة والضغط ..

المرحلة الثانية لو مسكت خط من الخطوط وليكن مثلا OA اللي كان بيمثل الكيرف الفاصل بين الـ Solid والـ Vapor ، هلاقى ان عندي 2 phases و one component يبقى الـ F هتطلع بـ ١ يبقى محتاج اثب عامل واحد بس عشان اقدر اعرف النظام

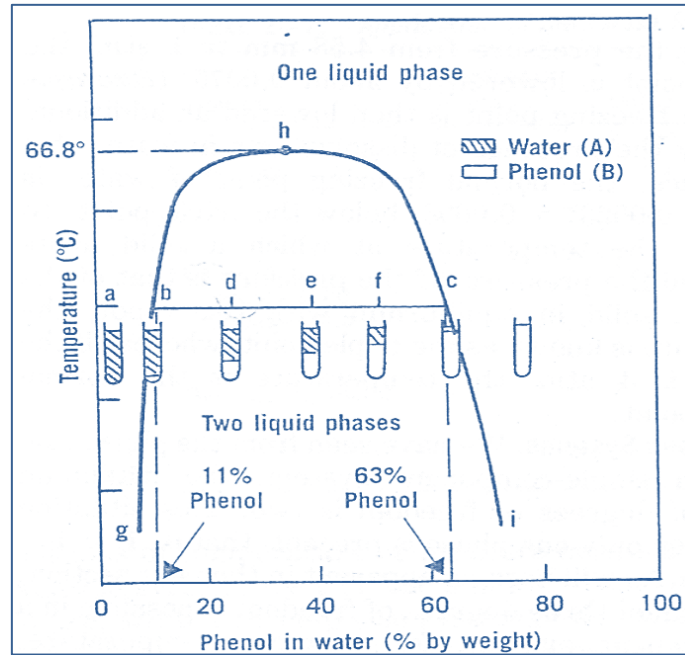
المرحلة الثالثة لو مسكت الـ triple point نفسها هلاقى ان عندي 3 phases و one component يبقى الـ F = zero يبقى محتاج اني اثبت كل العوامل زى ما اخدنا فى مثال الـ Water + Ice + Vapor قبل كدا الدوك قالت ممكن فى الامتحان تجيبك الكيرف دا وتعتمد دايرة مثلا على نقطة معينة وتساك تقولك قيمة الـ F كام ، فانت هتشوف عند النقطة دى هيبقى فيه كام Component وكام Phase وتعوض فى القانون ..

طب هستفاد ازاي من الموضوع دا ؟ قالك هيفيد فى حاجة اسمها الـ Lyophilization ودى عملية تجميد بيحصل فيها تحويل للمادة من الحالة الصلبة للحالة الغازية عن طريق زيادة درجة الحرارة بس تحافظ على الضغط يكون اقل من الـ triple point بص عالكيرف كدا ، لو طبقت الكلام دا وانت بادئ من الحالة الصلبة وزودت درجة الحرارة بس بدون مالم ضغط يعدى الـ Triple point هتلاقى نفسك انتقلت مباشرة من المنطقة بتاعه الـ Solid وبقيت فى الـ Vapor من غير ماتعدى على الـ Liquid لكن لو زودت الضغط هتقع فى منطقة الـ liquid .. بص عالكيرف وافهم براحة .

تعالى بقى نشوف مثال على System فيه 2 components اللي هما الـ Water والـ phenol

Two Component System Containing Liquid Phase

Water Phenol System



- The area **inside** the curve will be **immiscible** solution, while area **outside** will be **homogenous** solution of water/phenol.
- The maximum Temp on the curve is called **Critical solution temperature**.
- It is the temperature above which homogenous solution will be obtained regardless the composition of the mixture and it equals **66.8 °C** حفظ
- Starting at point A, the system is 100% water at 50 °C, then addition of increment weight of phenol with fixed weight of water will form one layer (homogenous phase) until we reach point B, where further addition of phenol results in formation of two immiscible layers.
- The **upper** phase will be **water** reach layer
- The **lower** phase will be **phenol** reach layer
- Continues addition of phenol until we reach point C **the situation will be reversed**
- Once the concentration of phenol exceeds 63% at 50 °C, a single phenol-reach liquid phase is formed.

نركز مع بعض ، كلنا اكيد عرفنا ان زوبانية الفينول في الماية محدودة ، والتغيير في نسب ذوبانيته هيادى الى انعدام الذوبانية بتاعته تعالى نشوف ازاى الكلام دا .

لو بصيت عالكيرف اللى قدامك هتلاقى فيه منطقة او Area under the curve ومنطقة تانية outside the curve ، تعالى ناخذها من برا الاول ، قالك ان عند النقطة A بيكون ١٠٠% من المحلول بتاعك ماية بس ، واللى بتكافئ ٧٤ جرام ماية تمام ؟ لو جيت بقى عند النقطة B هتلاقى نسبة الماية بقت ٦٣ وال ١١ الباقيين فينول ، قالك النسبة دى متنفش تخلي الفينول يدوب ، قالك امال اى اللى ينفع ؟ قالم اى نسبة تانية زى ٧٣ + ١

او ٧٢ + ٢ او ٧١ + ٣ او ٧٠ + ٤ لحد ٦٤ + ١٠ اى نسبة من دول هتلاقى الفينول بتاعك بيدوب والمحلول متجانس المهم متوصلش لـ ٦٣ + ١١ لان النسبة دى لا تسمح لذوبان الفينول .. كل اللي جاى بعد كدا بردو لايصح ، لحد ماتوصل للنقطة C اللي بتكون ٦٣ فينول و ١١ مائة ، دى نقطة الفصل ، الوضع هيتعكس و اى حاجة بعدها تنفع طب لى ؟ لانى خرجت من تحت الكيرف ، لان كل النسب اللي تحت الكيرف ، لاتصلح ، لكن اللي خارج الكيرف كله يصلح وهيفصل لطبقتين بحيث ان الفينول اتقل من الماية فهيبقى هو الطبقة اللي تحت والماية فوق ..

بس قالك كل الكلام دا يمشى عندى اى درجة حراة ماعدا درجة حرارة واحدة بس هى 60.8 قالك الدرجة دى مهما كان التركيز بتاع الفينول والماية ، فهيكون محلول متجانس ، مهما كان التركيز .. والرقم دا **حفظ** 60.8 طب لو قلتك احسبلى الـ F تحت الكيرف ؟ هتقول ان الـ Component عددهم ٢ والـ phase ٢ لانهم فاصلين طبقتين ، وبالتالي قيمة الـ F هبتقى ب ٢ لكن لو قلتك خارج الكيرف ؟ يبقى الـ C ب ٢ والـ P ب ١ عشان ممتزجين كويس وتطلع قيمة الـ F ب ٣ الدكتور ممكن تجيب سؤال عالكيرف دا وتقولك احسبلى الـ F برا او جوا بكام ..

★ Applying the Phase Role:

☒ One Layer System:

$$F = C - P + 2$$

$$F = 2 - 1 + 2 = 3$$

- because the pressure is fixed So F will be reduced to 2), so in order to describe the system correctly, it is necessary to fix both temp and concentration to define the system.

☒ Two Layers System:

$$F = 2 - 2 + 2 = 2$$

- because the pressure is fixed F will be reduced to 1), so in order to describe the system correctly, it is necessary to define the temperature to completely define the system.

وبكدا تكون المحاضرة انتهت ، وانتهى معاها جزء الـ States of matter انتظروا تجميعه الجزء ..

دُمتَم سَالْمِين